

Phase shift photomask and phase shift photomask dry etching method

Patent Number: ☐ [US5723234](#)
Publication date: 1998-03-03
Inventor(s): MIYASHITA HIROYUKI (JP); YOKOYAMA TOSHIFUMI (JP)
Applicant(s): DAINIPPON PRINTING CO LTD (JP)
Requested Patent: ☐ [JP8234410](#)
Application Number: US19960608065 19960228
Priority Number(s): JP19950039677 19950228
IPC Classification: G03F9/00
EC Classification: [G03F1/00G](#)
Equivalents:

Abstract

A phase shift photomask capable of being produced by dry etching with adequate in-plane uniformity of pattern dimension even if there is a large difference in exposed area ratio between different areas on the mask. In a phase shift photomask having an area provided with a phase shift layer which practically shifts the phase relative to another area, a dummy etching pattern (13) for dry etch rate correction is provided in an area other than a pattern exposure area (9 and 10), or a dummy etching pattern for dry etch rate correction having a size less than the limit of resolution attained by transfer is provided in the pattern exposure area, thereby reducing the etch rate nonuniformity due to the pattern density variation in the process of dry etching the phase shift photomask, and thus providing a phase shift photomask of high accuracy.

Data supplied from the **esp@cenet** database - I2

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-234410

(43) 公開日 平成8年(1996)9月13日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 3 F	1/08		G 0 3 F	1/08 A
	7/36			7/36
H 0 1 L	21/027		H 0 1 L	21/30 5 0 2 P
	21/3065			5 2 8
			21/302	A
審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 6 頁)				

(21) 出願番号 特願平7-39677

(22) 出願日 平成7年(1995)2月28日

(71) 出願人 000002897

大日本印刷株式会社

東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号

(72) 発明者 横山寿文

東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号大

日本印刷株式会社内

(72) 発明者 宮下裕之

東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号大

日本印刷株式会社内

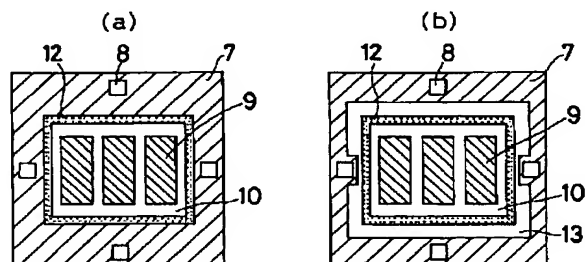
(74) 代理人 弁理士 荏澤 弘 (外7名)

(54) 【発明の名称】 位相シフトフォトマスク及び位相シフトフォトマスクドライエッチング方法

(57) 【要約】

【目的】 位相シフトフォトマスクのドライエッチングによる製造の際に、領域によってパターンの開口率に大きな差があっても、パターン寸法の面内均一性を得ることができる。

【構成】 他の領域に比べて実質的に位相をずらす位相シフト層を設けた領域を有する位相シフトフォトマスクにおいて、パターン露光領域9、10外に、ドライエッチング速度補正用のダミーエッチングパターン13を配置するか、パターン露光領域内に、転写による解像限界以下のサイズのドライエッチング速度補正用のダミーエッチングパターンを配置して、位相シフトフォトマスクをドライエッチングする際のパターンの粗密に起因するエッチングの分布を低減させ、高精度の位相シフトフォトマスクを提供する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 他の領域に比べて実質的に位相をずらす位相シフト層を設けた領域を有する位相シフトフォトマスクにおいて、パターン露光領域外に、ドライエッチング速度補正用のダミーエッチングパターンを配置したことを特徴とする位相シフトフォトマスク。

【請求項 2】 他の領域に比べて実質的に位相をずらす位相シフト層を設けた領域を有する位相シフトフォトマスクにおいて、パターン露光領域内に、転写による解像限界以下のサイズのドライエッチング速度補正用のダミーエッチングパターンを配置したことを特徴とする位相シフトフォトマスク。

【請求項 3】 請求項 1 又は 2 において、該位相シフトフォトマスクが、モリブデンシリサイド化合物を主成分とする単層あるいは多層のハーフトーン位相シフトフォトマスクであることを特徴とする位相シフトフォトマスク。

【請求項 4】 請求項 1 又は 2 において、該位相シフトフォトマスクが、クロム化合物を主成分とする単層あるいは多層のハーフトーン位相シフトフォトマスクであることを特徴とする位相シフトフォトマスク。

【請求項 5】 請求項 1 又は 2 において、該位相シフトフォトマスクが、石英基板彫り込み型位相シフトフォトマスクであることを特徴とする位相シフトフォトマスク。

【請求項 6】 請求項 1 又は 2 において、前記ダミーエッチングパターンを配置した領域とそれ以外のエッチング領域の開口率が略同等であることを特徴とする位相シフトフォトマスク。

【請求項 7】 他の領域に比べて実質的に位相をずらす位相シフト層を設けた領域を有する位相シフトフォトマスク製造工程中のドライエッチング工程において、パターン露光領域外に、ドライエッチング速度補正用のダミーエッチングパターンを配置してドライエッチングを行うことを特徴とする位相シフトフォトマスクドライエッチング方法。

【請求項 8】 他の領域に比べて実質的に位相をずらす位相シフト層を設けた領域を有する位相シフトフォトマスク製造工程中のドライエッチング工程において、パターン露光領域内に、転写による解像限界以下のサイズのドライエッチング速度補正用のダミーエッチングパターンを配置してドライエッチングを行うことを特徴とする位相シフトフォトマスクドライエッチング方法。

【請求項 9】 請求項 7 又は 8 において、該位相シフトフォトマスクが、モリブデンシリサイド化合物を主成分とする単層あるいは多層のハーフトーン位相シフトフォトマスクであることを特徴とする位相シフトフォトマスクドライエッチング方法。

【請求項 10】 請求項 7 又は 8 において、該位相シフトフォトマスクが、クロム化合物を主成分とする単層あ

るいは多層のハーフトーン位相シフトフォトマスクであることを特徴とする位相シフトフォトマスクドライエッチング方法。

【請求項 11】 請求項 7 又は 8 において、該位相シフトフォトマスクが、石英基板彫り込み型位相シフトフォトマスクであることを特徴とする位相シフトフォトマスクドライエッチング方法。

【請求項 12】 請求項 7 又は 8 において、前記ダミーエッチングパターンを配置した領域とそれ以外のエッチング領域の開口率を略同等にしたことを特徴とする位相シフトフォトマスクドライエッチング方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、位相シフトフォトマスクに関し、特に、そのドライエッチングによる製造の際にパターン寸法の面内均一性を得ることができる位相シフトフォトマスク及び位相シフトフォトマスクドライエッチング方法に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、半導体集積回路の高集積化に伴って、この回路作成に用いられるレチクルにも一層微細化が要求される。例えば、代表的な LSI である DRAM を例にあげると、これらのレチクルを用いて転写されるデバイスパターンの線幅は、現在の 16MDRAM では $0.5\mu\text{m}$ と微細なものである。さらに、64MDRAM の微細な製版には、従来のステッパーを用いた光露光方式では最早限界にきており、このような要求に応えるために様々な露光法等が研究されている。位相シフトフォトマスクもその中の 1 つであり、それを用いると、現状のステッパーによっても解像度を上げることができるため、その開発も盛んになっている。

【0003】位相シフトフォトマスクでは、図 1(a) に断面図を示すように、透明基板 1 上にクロム化合物又はモリブデンシリサイド化合物の位相シフト層兼ハーフトーン層 2 のパターンを有する単層ハーフトーン位相シフトフォトマスク、あるいは、図 1(b) に断面図を示すように、透明基板 1 上にハーフトーン遮光層 3 と位相シフト層 4 からなるパターンを有する多層ハーフトーン位相シフトフォトマスク（特願平 3-287832

号、"Manufacturing of half-tone phase shift masks I. Blank", Proc. Photomask Japan '94, SPIE Vol. 2254 Photomask and X-ray Mask Technol. 238(1994)、"Practical attenuated phase-shifting mask with a single-layer absorptive shifter of MoSiO and MoSiO_n for ULSI fabrication", Proc. IEEE Int. Electron Devices Meeting, Washington D.C.(1993))、あるいは、図 1(c) に断面図を示すように、石英基板 1 上に繰り返し模様の遮光層 5 を設け、1 個置きスペース部 6 の透明基板 1 を半波長分彫り込んだ石英基板彫り込み型の位相シフトフォトマスク（特開昭 62-189468 号）

等の開発が行われており、このような位相シフト型のレチクルの製造にはドライエッチングが必須技術である。

【0004】ところで、位相シフトフォトマスクは、マスク上の寸法の僅かな変動が転写され、ウエーハ上のパターン寸法に大きな影響を与える。そのため、レチクル内寸法均一性は位相シフト型でない従来のレチクルより高める必要がある。さらに、図1(c)のような石英基板彫り込み型位相シフトフォトマスクにおいては、面内の位相の差(エッチング深さの差)が転写後の寸法差として現れるため、位相差の面内均一性は 2° 、エッチング深さに換算して4nm(i線用位相シフトフォトマスク)にしなければならない。そのため、ドライエッチングが位相シフトフォトマスクの品質及び歩留まりに果たす役割は大きい。

【0005】また、従来のレチクルのクロムのウエットエッチングには、硝酸第二セリウムアンモニウムと過塩素酸等の酸化剤を用いているが、ウエットエッチングでは、上述のように線幅等が微細になるに従って、遮光膜等の微小パターンが綺麗に抜けず、ラフネスの大きな仕上がりになってしまう。そのため、最近では、ハーフトーン位相シフトフォトマスクの製造ラインへの導入に伴い、微小パターンを綺麗にエッチングするべく、ドライエッチングの本格的適用が一部で開始されている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、フォトマスクのドライエッチングは、ICの製造工程で用いられているドライエッチングと違い、面内の寸法分布にパターン依存性(ローディング効果)が有り、これが寸法の面内均一性を劣化させる原因となり、大きな問題となっている。この実例を図2を用いて説明する。図2に16MDRAMのレチクルの例を示す。図中(a)はホールレイヤーの例であり、ハーフトーンクロム7の周囲にフィデシャルマーク(アライメントマーク)8を設け、中心部にホールパターンの本パターン9が設けられる。このレイヤーは、ホールパターンであるため、開口率が小さく、パターンの粗密は比較的均一である。それに対して、同一シリーズでも他のレイヤーでは、図2(b)に示すように、本パターン9外周に広いエッチング領域(ガラス部)10が存在し、パターンの粗密が非常に大きなものとなっている。通常、クロムのドライエッチングはパターン依存性が大きく、このようなパターンの粗密が大きいパターンをドライエッチングすると、パターン外周部と中心部とでは、エッチングされる速度が変わる。例えば、大きな抜けのパターン等があると、エッチングに寄与する活性種がその部分で大量に消費されるため、その近傍のパターンのエッチング速度が低下する。図2(b)のように、パターン外周部と中心部とで開口率に大きな差があると、面内でエッチングされる時間に差が出てしまい、その結果としてパターン外周部と中心部の寸法差が大きくなってしまふ。さらには、ドライエ

ッチング条件の調整のみでは、その改善には限界がある。

【0007】ここで、フォトマスクのドライエッチングが、ICの場合と比べて、パターン依存性を示す要因をあげておく。

①ウエーハでは、同じパターンを面内に多数転写するため、面内のパターンの粗密が小さいのに対し、フォトマスクでは、上述のようにこれが大きなものが存在する。

②フォトマスクは通常熔融石英ガラスが基板となり、かつ、その厚さは数mmとなる。石英ガラスの性質上、導電性がなく、かつ、比熱が小さいため、エッチングの制御が困難である。

③特にクロムのエッチングは、比較的ラジカル主体の反応であるため、CDロス(レジスト寸法とクロム寸法の差)が大きく、面内でエッチング速度に差があると即寸法分布に影響を及ぼす。以上は、フォトマスクのドライエッチングが、ICの場合と比べて、パターン依存性を示すいくつかの主要因である。

【0008】本発明は以上のような問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は、位相シフトフォトマスクのドライエッチングによる製造の際に、領域によってパターンの開口率に大きな差があっても、パターン寸法の面内均一性を得ることができる位相シフトフォトマスク及び位相シフトフォトマスクドライエッチング方法を提供することである。

【0009】

【課題を解決するための手段】そこで、本発明は、上記問題を解決するために、パターン周辺部で実露光時に影響のない領域に、ドライエッチング速度補正用のダミーパターンを設けることにより、パターン周辺部と中央部のエッチング速度差を抑え、パターン寸法差を小さくできること、及び、パターン露光領域内であっても、露光波長による解像限界以下のサイズのダミーパターンを設けることにより、パターン周辺部と中央部のエッチング速度差を抑え、パターン寸法差を小さくできることを特徴とするものである。また、ドライエッチング速度補正用のダミーパターンは、転写用のパターンの面積及び粗密に応じて変えることが望ましい。

【0010】ここで、パターン露光領域内に設ける露光波長による解像限界以下のサイズのダミーパターンとしては、例えば、露光波長がi線のホールレイヤーの単層型ハーフトーンフォトマスクでは、図3に示すように、多面付けのチップ9'間(パターン露光領域内)に、0.5μmのホールパターンをダミーパターン11として配置する。一般に、ダミーパターンの形状は、ホール系のパターンにはホールパターン、ライン系のパターンにはラインパターンを選ぶのが望ましい。これは、石英基板彫り込み型の場合も同様である。

【0011】また、解像限界以下のサイズを数式で示すと、ハーフトーン部のパターン繰り返しピッチをPとし

10

20

30

40

50

た場合、 $P = \alpha \cdot \lambda / NA$ (α = 定数: $\alpha \leq 0.8$, λ = 露光波長, NA = レンズの開口数) で、ハーフトーン部間の抜け部分 (ガラス部分) に対するハーフトーン部の寸法比率を α とすると、 $\alpha = \beta \cdot T^{1/2}$ (T = ハーフトーン部の透過率, β = 定数: $0.5 \leq \beta \leq 2.0$) の関係を満足するものである (特開平 6-175347 号)。

【0012】すなわち、本発明の位相シフトフォトマスクは、他の領域に比べて実質的に位相をずらす位相シフト層を設けた領域を有する位相シフトフォトマスクにおいて、パターン露光領域外に、ドライエッチング速度補正用のダミーエッチングパターンを配置したことを特徴とするものである。

【0013】本発明のもう 1 つの位相シフトフォトマスクは、他の領域に比べて実質的に位相をずらす位相シフト層を設けた領域を有する位相シフトフォトマスクにおいて、パターン露光領域内に、転写による解像限界以下のサイズのドライエッチング速度補正用のダミーエッチングパターンを配置したことを特徴とするものである。

【0014】これらの位相シフトフォトマスクとしては、モリブデンシリサイド化合物を主成分とする単層あるいは多層のハーフトーン位相シフトフォトマスク、クロム化合物を主成分とする単層あるいは多層のハーフトーン位相シフトフォトマスク、あるいは、石英基板彫り込み型位相シフトフォトマスク等、公知の何れの位相シフトフォトマスクであってもよい。

【0015】なお、ダミーエッチングパターンを配置した領域とそれ以外のエッチング領域の開口率が略同等であることが望ましい。

【0016】また、本発明の位相シフトフォトマスクドライエッチング方法は、他の領域に比べて実質的に位相をずらす位相シフト層を設けた領域を有する位相シフトフォトマスク製造工程中のドライエッチング工程において、パターン露光領域外に、ドライエッチング速度補正用のダミーエッチングパターンを配置してドライエッチングを行うことを特徴とする方法である。

【0017】本発明のもう 1 つの位相シフトフォトマスクドライエッチング方法は、他の領域に比べて実質的に位相をずらす位相シフト層を設けた領域を有する位相シフトフォトマスク製造工程中のドライエッチング工程において、パターン露光領域内に、転写による解像限界以下のサイズのドライエッチング速度補正用のダミーエッチングパターンを配置してドライエッチングを行うことを特徴とする方法である。

【0018】対象の位相シフトフォトマスクとしては、モリブデンシリサイド化合物を主成分とする単層あるいは多層のハーフトーン位相シフトフォトマスク、クロム化合物を主成分とする単層あるいは多層のハーフトーン位相シフトフォトマスク、あるいは、石英基板彫り込み型位相シフトフォトマスク等、公知の何れの位相シフト

フォトマスクであってもよい。

【0019】なお、ダミーエッチングパターンを配置した領域とそれ以外のエッチング領域の開口率が略同等にすることが望ましい。

【0020】

【作用】以上の本発明の位相シフトフォトマスク及び位相シフトフォトマスクドライエッチング方法を用いることにより、単層あるいは多層のハーフトーン位相シフトフォトマスク、石英基板彫り込み型位相シフトフォトマスク何れにおいても、実パターン周辺部で実露光時に影響のない領域 (パターン露光領域外) に、ドライエッチング速度補正用のダミーエッチングパターンを設けることにより、パターン周辺部と中央部のエッチング速度差を抑え、パターン寸法差を小さくすることができる。と、及び、パターン露光領域内であっても、露光波長による解像限界以下のサイズのダミーエッチングパターンを設けることにより、パターン周辺部と中央部のエッチング速度差を抑え、パターン寸法差を小さくすることができる。

【0021】また、速度補正用のダミーエッチングパターンは、転写用のパターンの面積及び粗密に応じて変えることが望ましい。特に、パターン周辺部と中央部の遮光部と開口部の面積比である開口率を略同じにすることが望ましい。なお、その理由は次の通りである。

【0022】通常、クロム等のドライエッチングは、パターン依存性が大きく、大きなパターンと小さなパターンとでは、エッチングされる速度が変わる。また、周囲に大きな抜けのパターン等があると、エッチングに寄与する活性種がその部分で大量に消費されるため、その近傍のパターンのエッチング速度が低下する。そのため、例えば後記の図 4 のように、パターン周辺部と中央部の開口率に大きな差があると、面内でエッチングされる時間に差が出てしまい、その結果として、面内に寸法分布が出てしまう。そこで、ダミーエッチングパターンを設け、パターン周辺部と中央部の開口率 (開口面積) を略同等にしてやることにより、面内でエッチングに要する時間を均一化し、結果として、面内寸法分布が良くなるものである。

【0023】なお、本発明の位相シフトフォトマスクは、材料及び膜厚を最適化することにより、g 線、i 線、Deep UV (250 nm 付近) の露光用に適用することができる。

【0024】

【実施例】以下、本発明の位相シフトフォトマスク及び位相シフトフォトマスクドライエッチング方法の実施例について説明する。

<実施例 1>この実施例は、酸化窒化クロム (130 nm 厚) / 窒化クロム (10 nm 厚) 2 層構造の i 線ハーフトーン型位相シフトフォトマスクに、ドライエッチング速度補正用のダミーパターンを適用した実施例であ

る。

【0025】レチクル上のパターンは16MDRAMの3チップ構成であり、適用レイヤーはビットラインである。このマスクのエッチング用マスクとして、ノボラック系フォトレジストNPR895i（長瀬産業（株））、レジストパターン露光には、CORE-2564（Etec systems）を用い、無機アルカリ現像液でフォトレジストを現像し、レジストパターンから露出した酸化窒化クロム及び窒化クロムを、ジクロロメタン（ CH_2Cl_2 ）と酸素の混合ガスを用いて、リアクティブイオンエッチングにてドライエッチングを行った。

【0026】ドライエッチング速度補正用ダミーパターンの配置前後の図を図4（a）、（b）に示す。図中、7はハーフトーンクロム部、8はフィデシャルマーク（アライメントマーク）、9は中心部に設けた本パターン、10は本パターン9外周のガラス部、12は本パターン9外周にある遮光枠であり、この遮光枠12は、ウェーハ転写時の多重露光により周辺の光が本パターン9領域へ漏れて障害を与える問題を避けるため、露光波長による解像限界以下のパターンを配置して、そのパターン部と周囲のハーフトーンクロム部を透過した光同士を干渉させて光強度が露光に問題ない程度に低下させる遮光枠であり、ハーフトーン位相シフトフォトマスクの特徴的なパターンである。この遮光枠12より内側が転写時のパターン露光領域となる。また、図4（b）の遮光枠12の外側に設けたドライエッチング速度補正用ダミーパターン13は、本発明により設けたもので、遮光枠12外側に配置したベタのヌキパターン（エッチングされるパターン）である。

【0027】図4（a）のように、ドライエッチング速度補正用ダミーパターンを設けない場合の寸法分布の σ （寸法の標準偏差）は、 $0.04\mu\text{m}$ と大きな値を示す。これに対し、同図（b）のように、補正用のパターン13を適用した場合の寸法分布の σ は、 $0.02\mu\text{m}$ と小さくなり、本発明により、面内寸法分布を改善することができることが確認できた。

【0028】＜実施例2＞本実施例は、石英基板彫り込み型のi線用位相シフトフォトマスクに、ドライエッチング速度補正用のダミーパターンを適用した実施例である。

【0029】レチクル上のパターンは64MDRAMの2チップ構成であり、適用レイヤーはワードラインである。このマスクのエッチング用マスクとして、ノボラック系フォトレジストNPR895i（長瀬産業（株））、レジストパターン露光には、CORE-2564（Etec systems）を用い、無機アルカリ現像液でフォトレジストを現像し、レジストパターンから露出した石英を、CF₄ガスを用いてリアクティブイオンエッチングにてドライエッチングを行った。

【0030】ドライエッチング速度補正用ダミーパターンの配置前後の図を図5（a）、（b）に示す。図中、7'はクロム部、8はフィデシャルマーク（アライメントマーク）、9は中心部に設けた本パターン、14はドライエッチング速度補正用ダミーパターンであり、この本パターン9の周辺に設けたドライエッチング速度補正用ダミーパターン14は、本パターン9とほぼ同等の開口率の $1.75\mu\text{m}$ のライン・アンド・スペースである。補正用のパターン14がない場合とある場合を、エッチング深さの分布の σ を測定することにより比較すると、ない場合では、 6nm であったのに対して、ある場合では、 4nm となり、位相差に換算して 3° から 2° に向上し、本発明により、面内位相差分布を改善することができることが確認できた。

【0031】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、本発明の位相シフトフォトマスク及び位相シフトフォトマスクドライエッチング方法によると、パターン露光領域外にドライエッチング速度補正用のダミーエッチングパターンを、又は、パターン露光領域内に転写による解像限界以下のサイズのドライエッチング速度補正用のダミーエッチングパターンを配置したので、位相シフトフォトマスクをドライエッチングする際のパターンの粗密に起因するエッチングの分布を低減することが可能となり、高精度の位相シフトフォトマスクを提供することが可能となる。

【0032】なお、本発明は、位相シフトフォトマスクのドライエッチングのみならず、ドライエッチングによる他の微細加工の分野において幅広く応用可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の対象とするハーフトーン及び石英基板彫り込み型位相シフトフォトマスクの構成を示す断面図である。

【図2】位相シフトフォトマスクのドライエッチングにおいて面内の寸法分布にパターン依存性が有ることを説明するための図である。

【図3】パターン露光領域内にドライエッチング速度補正用のダミーエッチングパターンを設ける場合の実例を示すための概略図である。

【図4】実施例1のドライエッチング速度補正用のダミーエッチングパターンを設ける前と後の位相シフトフォトマスクの概略図である。

【図5】実施例2のドライエッチング速度補正用のダミーエッチングパターンを設ける前と後の位相シフトフォトマスクの概略図である。

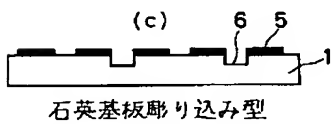
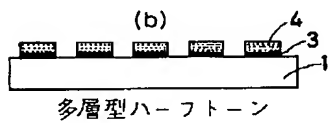
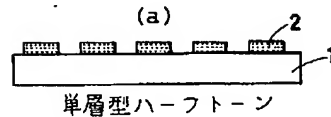
【符号の説明】

- 1…透明基板
- 2…位相シフト層兼ハーフトーン層
- 3…ハーフトーン遮光層
- 4…位相シフト層

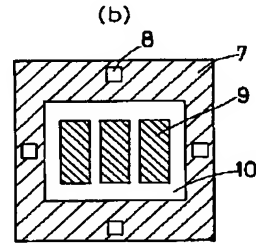
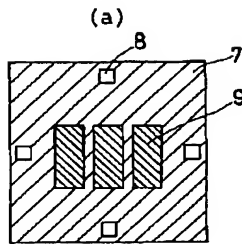
- 5…遮光層
 6…スペース部
 7…ハーフトークロム
 7'…クロム部
 8…フィデシャルマーク（アライメントマーク）
 9…本パターン

- * 9'…多面付けのチップ
 10…エッチング領域（ガラス部）
 11…ダミーパターン
 12…遮光棒
 13…ドライエッチング速度補正用ダミーパターン
 * 14…ドライエッチング速度補正用ダミーパターン

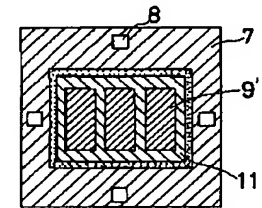
【図 1】



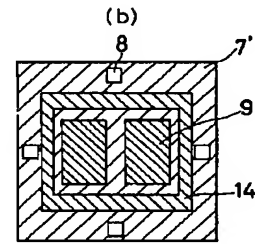
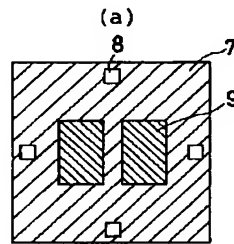
【図 2】



【図 3】



【図 5】



【図 4】

